

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 1 月 4 日

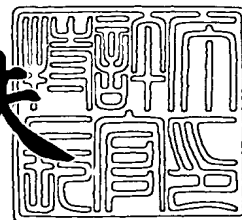
出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 7 3 9 6 4  
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 3 7 3 9 6 4 ]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社村田製作所

2 0 0 3 年 1 1 月 2 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 6 6 8 5

【書類名】 特許願  
【整理番号】 32-1187P  
【提出日】 平成15年11月 4日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H03H 9/64  
H03H 9/145  
【発明者】  
【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内  
【氏名】 谷口 典生  
【特許出願人】  
【識別番号】 000006231  
【氏名又は名称】 株式会社村田製作所  
【代理人】  
【識別番号】 100080034  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 原 謙三  
【電話番号】 06-6351-4384  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2003- 8030  
【出願日】 平成15年 1月16日  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 003229  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 0014717

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

直列腕共振子と、並列腕共振子とを交互に接続してなるラダー型フィルタであって、  
上記直列腕共振子は、インダクタが並列に接続されている第 1 直列腕共振子と、インダクタが接続されていない第 2 直列腕共振子とからなり、

第 1 直列腕共振子の共振周波数を  $f_{sr1}$ 、

第 2 直列腕共振子の共振周波数を  $f_{sr2}$  としたとき、

$$f_{sr1} < f_{sr2}$$

の関係を満たすことを特徴とする、ラダー型フィルタ。

**【請求項 2】**

並列腕共振子の反共振周波数を  $f_{pa}$  としたとき、

$$f_{sr1} < f_{pa} < f_{sr2}$$

の関係を満たすことを特徴とする、請求項 1 に記載のラダー型フィルタ。

**【請求項 3】**

第 1 直列腕共振子の、並列に接続されている前記インダクタの働きによりシフトした反共振周波数を  $f_{sa1'}$ 、

第 2 直列腕共振子の、反共振周波数を  $f_{sa2}$  としたとき、

$$f_{sa2} < f_{sa1'}$$

の関係を満たすことを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載のラダー型フィルタ。

**【請求項 4】**

並列腕共振子の反共振周波数を  $f_{pa}$  としたとき、

$$f_{pa} \times 0.995 < (f_{sr1} + f_{sr2}) / 2 < f_{pa} \times 1.01$$

の関係を満たすことを特徴とする、請求項 1 に記載のラダー型フィルタ。

**【請求項 5】**

第 1 直列腕共振子と、第 2 直列腕共振子とは、ピッチを異ならせることによって、共振周波数が異ならされていることを特徴とする、請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のラダー型フィルタ。

**【請求項 6】**

パッケージを備えており、上記並列に接続されているインダクタは、該パッケージ内に形成されていることを特徴とする、請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のラダー型フィルタ。

**【請求項 7】**

前記共振子は、圧電基板と、前記圧電基板上に形成された複数のくし型電極部からなる一端子対弾性表面波共振子であることを特徴とする、請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のラダー型フィルタ。

**【請求項 8】**

前記共振子は、開口部もしくは凹部を有する基板と、該開口部もしくは凹部上に形成されている少なくとも 1 層の圧電薄膜の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する圧電薄膜共振子であることを特徴とする、請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のラダー型フィルタ。

**【請求項 9】**

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のラダー型フィルタを用いたことを特徴とする、分波器。

**【請求項 10】**

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のラダー型フィルタ、もしくは請求項 9 記載の分波器を搭載したことを特徴とする、通信装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ラダー型フィルタ、分波器、通信装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、特に携帯電話等の通信装置に好適に使用されるラダー型フィルタ、分波器および通信装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、近年の携帯電話機等の通信装置の小型化、軽量化に対する技術的進歩は目覚ましいものがある。これを実現するための手段として、各構成部品の削減、小型化はもとより、複数の機能を複合した部品の開発も進んできた。特に、弾性表面波フィルタにも同様に高性能化が求められている。

【0003】

このような弾性表面波フィルタとして、弾性表面波共振子が直列腕と並列腕とに交互に配置されてなるラダー型（梯子型）の弾性表面波フィルタがある。

【0004】

図23に示すように、一般的な例のラダー型弾性表面波フィルタ100としては、2つの直列共振子S111、S112と、3つの並列共振子P111、P112、P113とから構成されている。また、上記ラダー型弾性表面波フィルタ100では、並列共振子P111、P112、P113の各反共振周波数 $f_{pa100}$ と直列共振子S111、S112の各共振周波数 $f_{sr100}$ とが、略一致するように設定されている。このようなラダー型弾性表面波フィルタ100では、並列共振子P111、P112、P113の各反共振周波数 $f_{pa100}$ と直列共振子S111、S112の各共振周波数 $f_{sr100}$ とを設定する条件が限られ、通過帯域幅を広くすることは困難であるという問題点がある。

【0005】

また、ラダー型弾性表面波フィルタの他の例は、特許文献1、特許文献2、特許文献3にも開示されている。

【0006】

特許文献1に開示されているラダー型弾性表面波フィルタは、上記ラダー型弾性表面波フィルタ100において、直列共振子の共振周波数 $f_{sr100}$ と、並列共振子の反共振周波数 $f_{pa100}$ とを、 $f_{sr100} > f_{pa100}$ の関係に設定している構成である。これにより、直列共振子と並列共振子との間の周波数間隔が広がり、ラダー型弾性表面波フィルタの通過帯域幅を広げる（広帯域化）することができる。

【0007】

しかしながら、特許文献1の構成では、上記直列共振子と、並列共振子との間の周波数間隔を大きくするにつれて、通過帯域内にリップルが生じると共に、VSWR（Voltage Standing Wave Ratio）が大きくなるために広帯域化するのに限界があるという問題点がある。

【0008】

特許文献2に開示されているラダー型弾性表面波フィルタは、上記ラダー型弾性表面波フィルタ100において、2つの直列共振子における共振周波数を互いに異ならせている構成である。これにより、上記ラダー型弾性表面波フィルタにおける耐電力性の向上が図られている。

【0009】

しかしながら、特許文献2の構成では、2つの直列共振子におけるインピーダンスを合成したときの合成共振周波数と、並列共振子の反共振周波数とを略一致させる必要がある。この構成における通過帯域幅は、並列共振子の共振周波数と、2つの直列共振子における周波数が低い側の反共振周波数との間となる。この構成では、2つの直列共振子における共振周波数の周波数間隔を大きくするにつれて、帯域幅が減少するという問題がある。

【0010】

また、特許文献3に開示されているラダー型弾性表面波フィルタ200は、図24に示すように、3つの直列共振子S211、S212、S213と、2つの並列共振子P111、P112とから構成されている。また、上記ラダー型弾性表面波フィルタ200では、直列共振子S211、S212、S213の各共振周波数と直列共振子S111、S112の各反共振周波数とが、等しくなるように設定されている。そして、直列共振子S213に並列にインダクタL211が付加されている。このインダクタL211により、直列共振子S213における反共振周波数が高域側にシフトされ、上記ラダー型弾性表面波フィルタの通過帯域における高域側の減衰量を大きくすることができる。

#### 【0011】

しかしながら、特許文献3の構成では、ラダー型弾性表面波フィルタの帯域幅を広くすることが出来ないという問題点がある。

【特許文献1】特開平10-126212号公報（公開日：1998年5月15日）

【特許文献2】特開平10-303698号公報（公開日：1998年11月13日）

【特許文献3】特開平9-167937号公報（公開日：1997年6月24日）

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0012】

以上のように、従来の構成では、ラダー型弾性表面波フィルタにおける通過帯域を広くしようとすると、種々の問題があり実現することが困難である。

#### 【0013】

なお、上記のような問題は、開口部もしくは凹部を有するSi基板と、該開口部もしくは凹部に形成されている少なくとも1層以上の圧電薄膜（例えば、ZnOやAlNからなる）の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する圧電薄膜共振子から構成されるラダー型フィルタにおいても同様に発生する。

#### 【0014】

本発明は、上記従来の問題点に鑑みなされたものであり、その目的は、通過帯域を向上されたラダー型フィルタ、それを用いた分波器、およびそれらを搭載した通信装置を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0015】

本発明のラダー型フィルタは、上記の課題を解決するために、直列腕共振子と、並列腕共振子とを交互に接続してなるラダー型フィルタであって、上記直列腕共振子は、インダクタが並列に接続されている第1直列腕共振子と、インダクタが接続されていない第2直列腕共振子とからなり、第1直列腕共振子の共振周波数を $f_{sr1}$ 、第2直列腕共振子の共振周波数を $f_{sr2}$ としたとき、 $f_{sr1} < f_{sr2}$ の関係を満たすことを特徴としている。

#### 【0016】

上記の構成によれば、第1直列腕共振子と、第2直列腕共振子とにおける共振周波数を異ならせることにより、共振周波数と反共振周波数との間の間隔を拡大することができるため、ラダー型フィルタにおける帯域幅の広帯域化が可能となる。さらに、第1直列腕共振子にインダクタを付加することにより、通過帯域外の減衰量を改善することができる。また、ラダー型フィルタにおける直列腕共振子の少なくとも1つのみに、並列にインダクタを付加するだけで、広帯域化を実現することができるので、ラダー型フィルタを大型化することなく、小型化、高性能化が可能となる。

#### 【0017】

また、本発明のラダー型フィルタは、上記の構成に加えて、並列腕共振子の反共振周波数を $f_{pa}$ としたとき、 $f_{sr1} < f_{pa} < f_{sr2}$ の関係を満たすことが好ましい。

#### 【0018】

さらに、本発明のラダー型フィルタは、上記の構成に加えて、並列腕共振子の反共振周波数を  $f_{pa}$  としたとき、 $f_{pa} \times 0.995 < (f_{sr1} + f_{sr2}) / 2 < f_{pa} \times 1.01$  の関係を満たすことが好ましい。

【0019】

本発明のラダー型フィルタは、上記の構成に加えて、第1直列腕共振子の、並列に接続されている前記インダクタの働きによりシフトした反共振周波数を  $f_{sa1}'$ 、第2直列腕共振子の、反共振周波数を  $f_{sa2}$  としたとき、 $f_{sa2} < f_{sa1}'$  の関係を満たすことが好ましい。

【0020】

本発明のラダー型フィルタは、上記の構成に加えて、第1直列腕共振子と、第2直列腕共振子とは、ピッチを異ならせることによって、共振周波数が異ならされていることが好ましい。

【0021】

本発明のラダー型フィルタは、上記の構成に加えて、パッケージを備えており、上記並列に接続されているインダクタは、該パッケージ内に形成されていることが好ましい。これにより、装置を小型化することができる。

【0022】

本発明のラダー型フィルタでは、上記の構成に加えて、前記共振子は、圧電基板と、前記圧電基板上に形成された複数のくし型電極部からなる一端子対弾性表面波共振子であってもよい。

【0023】

本発明のラダー型フィルタでは、上記の構成に加えて、前記共振子は、開口部もしくは凹部を有する基板と、該開口部もしくは凹部上に形成されている少なくとも1層の圧電薄膜の上下面を少なくとも一対の上部電極および下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する圧電薄膜共振子であってもよい。

【0024】

本発明の分波器は、上記の各ラダー型フィルタのいずれかを用いたことを特徴としている。

【0025】

本発明の通信装置は、上記の各ラダー型フィルタのいずれか、あるいは分波器を搭載したことを特徴としている。

【0026】

上記の構成によれば、通過帯域が広帯域化され、通過帯域低域側の減衰量が大いラダー型フィルタを有することで、通過帯域が広帯域で、通過帯域低域側の減衰量が大い、分波器や通信装置を提供することができる。

【0027】

第1直列腕共振子が複数存在し、該複数の第1直列腕弾性表面波直列共振子の共振周波数が異なる場合においては、それらの平均値となる周波数もしくはそれらの平均値に近い所望の周波数を、共振周波数  $f_{sr1}$  とする。なお、第2直列腕共振子の共振周波数、第1直列腕共振子の反共振周波数、第2直列腕共振子の反共振周波数においても同様に考えることとする。

【発明の効果】

【0028】

本発明のラダー型フィルタは、以上のように、直列腕共振子と、並列腕共振子とを交互に接続してなるラダー型フィルタであって、上記直列腕共振子は、インダクタが並列に接続されている第1直列腕共振子と、インダクタが接続されていない第2直列腕共振子とからなり、第1直列腕共振子の共振周波数を  $f_{sr1}$ 、第2直列腕共振子の共振周波数を  $f_{sr2}$  としたとき、 $f_{sr1} < f_{sr2}$  の関係を満たす構成である。

【0029】

上記の構成によれば、帯域幅を広帯域化が可能となると共に、通過帯域外の減衰量を改

善することができる。また、ラダー型フィルタにおける直列共振子の少なくとも1つのみに、並列にインダクタを付加するだけで、広帯域化を実現することができるので、小型化、高性能化が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

〔実施の形態1〕

本発明の実施の一形態について、図1ないし図16に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0031】

本実施の形態にかかるラダー型フィルタとしての弾性表面波フィルタ1は、図1の回路図に示すように、2つの直列共振子（第1、第2直列共振子）S1、S2と、3つの並列共振子（並列共振子）P1、P2、P3とが、ラダー型に圧電基板10に形成されている構成である。また、上記弾性表面波フィルタ1では、直列共振子S1に並列にインダクタLpが付加されている。さらに、上記弾性表面波フィルタ1では、上記直列共振子S1の共振周波数を $f_{sr1}$ 、直列共振子S2の共振周波数を $f_{sr2}$ とすると、 $f_{sr1} < f_{sr2}$ の関係が成り立っている。直列共振子S1、S2の共振周波数を変える手段としては、例えば、直列共振子S1とS2とでピッチを変更することが挙げられる。

【0032】

上記弾性表面波フィルタ1の具体的な例としては、図2に示すように、直列共振子S1、S2と並列共振子P1、P2、P3とが圧電基板10上に形成されているチップを、パッケージPKGに搭載した構成である。上記インダクタLpは、パッケージPKGに形成されており、上記直列共振子S1に並列にボンディングワイヤにより接続されている。

【0033】

また、上記直列共振子S1、S2は、それぞれ、パッケージPKGに形成されている信号端子T1、T2に接続されている。さらに、上記並列共振子P1、P2はパッケージPKGに形成されているアース端子T3にボンディングワイヤにより接続され、並列共振子P3はパッケージPKGに形成されているアース端子T4にボンディングワイヤにより接続されている。

【0034】

なお、上記直列共振子S1、S2および並列共振子P1、P2、P3は、図2に示すように、くし型電極部と、そのくし型電極部を挟み込んでいる反射器とを備えている弾性表面波共振子である。

【0035】

一般に、ラダー型の弾性表面波フィルタでは、通過帯域における整合条件がよく一致するように、並列共振子の反共振周波数（ $f_{pa}$ ）と、直列共振子の共振周波数（ $f_{sr}$ ）が略一致する条件とされている。

【0036】

一方、各共振子において共振周波数が異なる場合、二つの異なる共振周波数が合成された共振が発生する。したがって、ラダー型の弾性表面波フィルタでは、各直列共振子における共振周波数が異なる場合、合成後の直列共振子の共振周波数を $f_{r0}$ とすると、この $f_{r0}$ と $f_{pa}$ を略一致させることが、通過帯域で整合条件が一致する条件になる。このとき、ラダー型の弾性表面波フィルタの帯域幅は、並列共振子の共振周波数（ $f_{pr}$ ）と直列共振子の反共振周波数（ $f_{sa}$ ）との間となる。

【0037】

そこで、本実施の形態の弾性表面波フィルタ1では、図3（a）に示すように、2つの直列共振子S1、S2の共振周波数 $f_{sr1}$ 、 $f_{sr2}$ を $f_{sr1} < f_{sr2}$ と異ならせている。さらに、直列共振子S1には、並列にインダクタLpを接続しているので、直列共振子S1の反共振周波数 $f_{sa1}$ を、直列共振子S2の反共振周波数 $f_{sa2}$ より高域側に $f_{sa1}'$ としてシフトしている。

【0038】

一方、これら直列共振子 S1、S2 のインピーダンスを合成すると、図 3 (b) に示すように、直列共振子 S1、S2 の合成共振周波数は、 $f_{sr0}$  となる。また、上記弾性表面波フィルタ 1 では、合成共振周波数  $f_{sr0}$  と、並列共振子の反共振周波数  $f_{pa}$  とを略一致させるように構成している。

#### 【0039】

このため、上記弾性表面波フィルタ 1 における通過帯域幅は、並列共振子の共振周波数  $f_{pr}$  と、インダクタが接続されていない直列共振子 S2 の反共振周波数  $f_{sa2}$  との間となる。その結果、帯域幅を広くすることができる。さらにその上、並列にインダクタ L を付加することにより高域側へシフトした直列共振子 S1 の共振周波数 ( $f_{sa1}'$ ) により、通過帯域高域側の帯域外減衰量を大きくすることができる。

#### 【0040】

以下、本実施の形態にかかる弾性表面波フィルタ 1 における、各共振子 S1、S2、P1、P2、P3 の具体的なパラメータを変化させた実施例を示す。表 1 に、上記各共振子 S1、S2、P1、P2、P3 の電極指パラメータ (共振周波数、対数、交叉幅) を示す。

#### 【0041】

【表 1】

		共振周波数	対数	交叉幅
共振子	S1	—	90 対	30 $\mu$ m
	S2	—	90 対	30 $\mu$ m
	P1	2000 MHz	45 対	42 $\mu$ m
	P2	2000 MHz	90 対	42 $\mu$ m
	P3	2000 MHz	45 対	42 $\mu$ m

#### 【0042】

また、表 2 に、直列共振子 S1、S2 における共振周波数と、その差を示す。

#### 【0043】



【表 2】

条件	S 1 の共振周波数	S 2 の共振周波数	周波数差
比較例 3	2 0 5 3 M H z	2 0 5 3 M H z	0 M H z
1	2 0 4 8 M H z	2 0 5 8 M H z	1 0 M H z
2	2 0 4 3 M H z	2 0 6 3 M H z	2 0 M H z
3	2 0 3 8 M H z	2 0 6 8 M H z	3 0 M H z
4	2 0 3 3 M H z	2 0 7 3 M H z	4 0 M H z
5	2 0 2 8 M H z	2 0 7 8 M H z	5 0 M H z
6	2 0 2 3 M H z	2 0 8 3 M H z	6 0 M H z
7	2 0 1 8 M H z	2 0 8 8 M H z	7 0 M H z
8	2 0 1 3 M H z	2 0 9 3 M H z	8 0 M H z
9	2 0 0 8 M H z	2 0 9 8 M H z	9 0 M H z
1 0	2 0 0 3 M H z	2 1 0 3 M H z	1 0 0 M H z
1 1	1 9 9 8 M H z	2 1 0 8 M H z	1 1 0 M H z

## 【0044】

なお、本実施例では、直列共振子 S 1 に対して並列に 3.8 nH のインダクタ  $L_p$  を付加している。また、インダクタ  $L_p$  を並列に付加する直列共振子 S 1 の周波数は、並列にインダクタを付加しない直列共振子 S 2 に比較して低く設定されている。直列共振子 S 1・S 2 の間の周波数間隔が 10 MHz ~ 110 MHz まで表 2 に示すように条件 1 ~ 11 において連続的に変化させている。特に並列にインダクタ  $L_p$  を付加している S 1 の周波数を下げ、インダクタを付加していない S 2 の周波数を上げて直列共振子 S 1・S 2 の間の周波数間隔を増大させている。本実施の形態にかかる弾性表面波フィルタ 1 における伝送特性を図 4 に示す。なお、図 4 では、表 2 の条件 2、4、6、8 の抜粋である。さらに、図 5 には、本実施の形態にかかる弾性表面波フィルタ 1 における反射特性 (VSWR) とバンド幅とを示す。

## 【0045】

ここで、本実施の形態に係る弾性表面波フィルタ 1 における直列共振子 S 1 に並列にインダクタ  $L_p$  を付加した状態を等価回路で表すと、図 6 に示すようになる。また、このときのインピーダンスの周波数特性を点線で図 7 に示す。比較として、インダクタ  $L_p$  を付加していないときの直列共振子 S 1 のインピーダンス特性を実線で図 7 に示す。インダクタ  $L_p$  を直列共振子 S 1 に並列に付加することで、共振周波数よりも低い周波数  $f_{sa3}$  に反共振が新たに発生し、もともと存在していた反共振  $f_{sa1}$  が  $f_{sa1}'$  にシフトする。このとき、共振周波数  $f_{sr1}$  は変化しない。

## 【0046】

一方、上記反共振周波数  $f_{sa3}$  は、上記直列共振子 S 1 の電極容量と、並列に付加されたインダクタ  $L_p$  によって決定される。このとき、反共振周波数  $f_{sa3}$  を、減衰させたい周波数領域に設定することで、より高減衰量なフィルタ特性を得ることができる。特に共振周波数よりも低い周波数に新たな反共振周波数  $f_{sa3}$  が発生するため、通過帯域よりも低域側に減衰域を持つ弾性表面波フィルタにおいて有効に利用することができる。

## 【0047】

また、この共振回路では、インダクタを付加していない場合に比較して、広い周波数範囲 ( $f_{sr1}$  と  $f_{sa1}'$  との間) の領域において誘導性の性質を持つ。ここで、並列に

インダクタを付加した直列共振子 S 1 の共振周波数を  $f_{sr1}$ 、並列にインダクタを付加しない直列共振子 S 2 の共振周波数を  $f_{sr2}$  とし、これら直列共振子 S 1、S 2 を直列に接続している場合について考察する。

#### 【0048】

ここで、 $f_{sr1} < f_{sr2}$  とすると、図 3 (b) に示すように、直列共振子 S 1、S 2 の合成したインピーダンスは、 $f_{sr1}$  と  $f_{sr2}$  との間に新たな共振周波数  $f_{sr0}$  を有し、2 つの反共振周波数  $f_{sa1'}$ 、 $f_{sa2}$  を持つ共振特性となる。弾性表面波フィルタ 1 における帯域幅は、共振周波数と反共振周波数との間隔によって制限されるため、帯域幅を大幅に拡大することができる。また、 $f_{sr1}$  と  $f_{sr2}$  との間隔をさらに広げるために、例えば、 $f_{sr1}$  の周波数を更に低く設定すると、合成された共振周波数  $f_{sr0}$  の周波数も低くすることができ、一方で  $f_{sr2}$  に変化がないことから、より広帯域な共振特性を得ることができる。

#### 【0049】

次に、上記弾性表面波フィルタ 1 において、並列共振子 P 1 ~ P 3 について考察する。ここで、並列共振子 P 1 ~ P 3 の反共振周波数を  $f_{pa}$  とし、さらに、 $f_{sr1} < f_{pa} < f_{sr2}$  とする。このインピーダンスの関係を図 8 に示す。この図 8 より、並列共振子の反共振周波数  $f_{pa}$  では、並列共振子はオープン、直列共振子 S 1 は誘導性素子、直列共振子 S 2 は、容量性素子とみなすことができる。これにより、並列共振子の反共振周波数  $f_{pa}$  では、図 9 の等価回路のように示すことができる。このとき、2 つの直列共振子 S 1、S 2 は、それぞれ、誘導性素子、容量性素子とみなすことができることから、互いにリアクタンス分を打ち消しあって通過帯域を形成する。

#### 【0050】

このような構成にしたとき、弾性表面波フィルタ 1 の通過帯域幅は、 $f_{pr} \sim f_{sa2}$  となり、広い帯域幅を得ることができる。また、 $f_{sa1'}$  により、通過帯域の高域側の減衰量を改善することができる。特に並列共振子の反共振周波数  $f_{pa}$  と、直列共振子 S 1、S 2 同士の LC 共振とが完全に一致すれば、入出力のインピーダンスに完全に整合されることになる。

#### 【0051】

直列共振子 S 1、S 2 のインピーダンスが完全に一致する場合は、 $(f_{sr1} + f_{sr2}) / 2 = f_{pa}$  が成り立つ場合である。完全に整合を取る必要がある場合は、並列共振子の反共振周波数  $f_{pa}$  と、直列共振子 S 1、S 2 同士の LC 共振とをほぼ一致させる必要があるが、並列共振子の反共振周波数  $f_{pa}$  と、直列共振子の共振周波数との間隔はある程度広くしても実用可能な領域がある。特に、 $f_p \times 0.995 < (f_1 + f_2) / 2 < f_p \times 1.01$

の範囲内であれば、特性的に許容でき、実用可能である。

#### 【0052】

以下、上記弾性表面波フィルタの比較例を参照してより詳細に本発明について説明する。

#### 【0053】

比較例 1、2 にかかるラダー型の弾性表面波フィルタ 10 は、図 10 に示すように、直列共振子 S 11、S 12 と、並列共振子 P 11、P 12、P 13 とを備える構成である。この比較例の弾性表面波フィルタ 10 は、実施例に対して、並列にインダクタ  $L_p$  が付加されていない構成である。この比較例の弾性表面波フィルタ 10 における各電極指パラメータ（共振周波数、対数、交叉幅）を表 3 に示す。

#### 【0054】

【表 3】

		共振周波数	対数	交叉幅
共振子	S 1 1	f s r	9 0 対	1 6 . 5 $\mu$ m
	S 1 2	f s r	9 0 対	1 6 . 5 $\mu$ m
	P 1 1	f p r	4 5 対	6 5 $\mu$ m
	P 1 2	f p r	9 0 対	6 5 $\mu$ m
	P 1 3	f p r	4 5 対	6 5 $\mu$ m

## 【0055】

また、直列共振子と並列共振子との周波数差を持たせるために、比較例 1 では並列共振子 P 1 1、P 1 2、P 1 3 の共振周波数を固定し、直列共振子 S 1 1、S 1 2 の共振周波数を変えている。この比較例 1 の条件を表 4 に示す。また、表 4 には、直列共振子と並列共振子との間の周波数差も示す。なお、各直列共振子の共振周波数と各並列共振子の反共振周波数とは、条件 1 のときに、ほぼ一致している。また、比較例 2 では、直列共振子 S 1 1、S 1 2 の共振周波数をそれぞれ変化させ、該直列共振子間の周波数間隔を変えている。この比較例 2 の条件を表 5 に示す。

## 【0056】

【表 4】

	条件	S 1 1、S 1 2 の共振周波数	P 1 1、P 1 2、P 1 3 の共振周波数	周波数差
比較例 1	1	2 0 5 3 M H z	2 0 0 0 M H z	5 3 M H z
	2	2 0 5 8 M H z	2 0 0 0 M H z	5 8 M H z
	3	2 0 6 3 M H z	2 0 0 0 M H z	6 3 M H z
	4	2 0 6 8 M H z	2 0 0 0 M H z	6 8 M H z
	5	2 0 7 3 M H z	2 0 0 0 M H z	7 3 M H z

## 【0057】

【表 5】

	条件	S 1 1 の共振周波数	S 1 2 の共振周波数	$\Delta f$
比較例 2	1	2 0 5 3 M H z	2 0 5 3 M H z	0 M H z
	2	2 0 5 8 M H z	2 0 4 8 M H z	1 0 M H z
	3	2 0 6 3 M H z	2 0 4 3 M H z	2 0 M H z
	4	2 0 6 8 M H z	2 0 3 8 M H z	3 0 M H z
	5	2 0 7 3 M H z	2 0 3 3 M H z	4 0 M H z

## 【0058】

ここで、比較例 1 のラダー型弾性表面波フィルタにおける各条件での伝送特性を図 1 1 に示す。また、各条件における反射特性およびバンド幅を図 1 2 に示す。なお、ここでは、3 . 5 d B の帯域幅の関係を示している。

## 【0059】

図11の伝送特性を見ると、並列共振子と直列共振子との周波数差を拡大した効果により、全体的な帯域幅は広がっている。しかしながら、周波数差を大きくしていくに従って、帯域内にリップル（落ち込み）が生じていることが確認することができる。また、図12を見ると、周波数差を広げるに従ってVSWRは大きくなっている。つまり、特性的には悪くなっている。

#### 【0060】

また、3.5 dBの帯域幅は、途中までは広がるもので、周波数差を65 MHz以上広くすると急激に狭くなっている。これは、帯域内に生じたリップルが3.5 dBとなったためであり、この比較例1の構成では、広帯域化が困難であることがわかる。

#### 【0061】

また、比較例2のラダー型弾性表面波フィルタにおける各条件での伝送特性を図13に示す。この比較例2では、直列共振子にインダクタを付加せず、直列共振子S11、S12の周波数間隔 $\Delta f$ を実施例と同様に広げていった場合の特性を示す。また、各条件における反射特性およびバンド幅を図14に示す。図13、図14からわかるように、帯域幅の広帯域化に有効ではないばかりか、帯域幅が減少傾向にあることが確認することができる。

#### 【0062】

さらに、比較例3として、比較例1の構成において、直列共振子S11に並列にインダクタを付加した構成を挙げる。この比較例3の条件は、表2に示す。また、比較例3の伝送特性、ならびに反射特性およびバンド幅をそれぞれ図4、5に示す。図4より、比較例3のラダー型弾性表面波フィルタの帯域幅は狭いことがわかる。

#### 【0063】

ここで、上記実施例と、各比較例との対比を行う。

#### 【0064】

図4に示すように、実施例のラダー型弾性表面波フィルタでは、比較例1で見られたような帯域内のリップルの発生はほとんどないことが確認することができる。また、図5より、実施例のラダー型弾性表面波フィルタでは、VSWRは少しずつ劣化しているものの、周波数差が10 MHz～80 MHz程度まではほぼ一定であり、3.5 dBの帯域幅も周波数差が90 MHz程度までは線形に近い状態で広がっている。つまり、直列共振子に並列にインダクタを付加する効果を確認することができる。

#### 【0065】

また、実施例の弾性表面波フィルタ1では、比較例2と比較して、全く異なる特性を有していることがわかる。

#### 【0066】

また、実施例のラダー型弾性表面波フィルタでは、比較例3と比較して、帯域幅を広帯域化することができることがわかる。

#### 【0067】

また、図15に、実施例の弾性表面波フィルタ1と、通常のラダー型の弾性表面波フィルタ、比較例2のラダー型の弾性表面波フィルタ、および比較例3のラダー型の弾性表面波フィルタにおける直列共振子におけるインピーダンスの合成について示す。この図15からわかるように、実施例の弾性表面波フィルタ1では、共振周波数と反共振周波数との間の間隔を拡大することができ、帯域幅の広帯域化に効果があることがわかる。

#### 【0068】

さらに、比較例4として、実施例における条件4と全く同じ回路パラメータで、インダクタ $L_p$ を付加しない構成を挙げる。図16に、実施例と、比較例4との伝送特性のグラフを示す。この図16より、本実施例の弾性表面波フィルタ1における低域側の減衰量が改善されていることがわかる。つまり、インダクタを付加することにより低域側の減衰量も改善することがわかる。

#### 【0069】

以上のように、実施例の構成では、反射特性や帯域内のリップルの発生とトレードオフ

の関係になることなく、任意に帯域幅を広帯域化することができる。また、ラダー型の弾性表面波フィルタにおける複数の直列共振子の少なくとも1つの直列共振子のみに、並列にインダクタを付加するだけで、広帯域化を実現することができるので、ラダー型の弾性表面波フィルタの大型化をさげ、小型化、高性能化が可能となる。

#### 【0070】

インダクタ  $L_p$  を並列に付加した直列共振子が複数存在し、該複数のインダクタ  $L_p$  を並列に付加した直列共振子の共振周波数が異なる場合においては、それらの平均値となる周波数もしくはそれらの平均値に近い所望の周波数を、共振周波数とする。なお、インダクタ  $L_p$  を並列に付加しない直列共振子の共振周波数、インダクタ  $L_p$  を並列に付加した直列共振子の反共振周波数、インダクタ  $L_p$  を並列に付加しない直列共振子の反共振周波数においても同様に考えることとする。

#### 【0071】

(実施の第二形態)

なお、上記実施の形態、実施例では、ラダー型フィルタとして、弾性表面波共振子を用いた例を挙げたが、上記に限定されるものではなく、圧電薄膜共振子を用いても、上記実施の形態、実施例に記載と同様の効果を発揮できる、本発明の実施の第二形態に係るラダー型フィルタを得ることができる。

#### 【0072】

そのようなラダー型フィルタにおいて、ラダー型にそれぞれ配置される圧電薄膜共振子としては、図17(a)に示すものが一例として挙げられる。図17(a)に示すように、上記圧電薄膜共振子は、シリコンからなる支持基板60の開口部61上に絶縁膜62を備え、その絶縁膜62上における開口部61に面する位置に圧電薄膜64をその上下(圧電薄膜64の厚さ)方向からそれぞれ挟むように下部電極63および上部電極65を形成して有するものである。

#### 【0073】

よって、上記圧電薄膜共振子では、下部電極63および上部電極65にて挟まれた位置の圧電薄膜64、絶縁膜62により振動部が構成されるダイヤフラム構造を形成できる。開口部61は支持基板60をその厚さ方向に貫通するように形成されている。絶縁膜62は、二酸化珪素( $SiO_2$ )、アルミナ( $Al_2O_3$ )またはそれらの多層構造からなるものである。圧電薄膜64は、酸化亜鉛( $ZnO$ )や窒化アルミニウム( $AlN$ )などからなるものである。

#### 【0074】

なお、上記開口部61に代えて、図17(b)に示すように、ダイヤフラム構造に面した位置に開口し、支持基板60をその厚さ方向に貫通しない凹部66を支持基板60に形成した圧電薄膜共振子であってもよい。

#### 【0075】

本発明に係るラダー型フィルタは、図18に示すように、図17(a)や図17(b)に示す圧電薄膜共振子71~74を、例えばL型2段のラダー型に配置し、少なくとも1つの直列腕の圧電薄膜共振子72に対してインダクタンス  $L_p$  を並列に接続したものでよい。上記ラダー型の配置としては、他にパイ型やT型でもよい。

#### 【0076】

このようなラダー型フィルタの具体例としては、図19および図20に示すものが挙げられる。上記ラダー型フィルタでは、4個の圧電薄膜共振子71~74をラダー型に配置する際に、入力側の各圧電薄膜共振子71、72の上部電極87及び下部電極85の一部を共通化することにより、引き回し配線を低減して小型化できるものとなっている。

#### 【0077】

代表としての圧電薄膜共振子72、74は、図20に示すように、シリコンからなる支持基板82の開口部84上に絶縁膜83を備え、その絶縁膜83上における開口部84に面する位置に圧電薄膜86をその上下(圧電薄膜86の厚さ)方向からそれぞれ挟むように下部電極85および上部電極87を形成して有するものである。

## 【0078】

よって、上記圧電共振子72、74では、下部電極85および上部電極87にて挟まれた位置の圧電薄膜86、絶縁膜83により振動部が構成されるダイヤフラム構造88を形成できる。開口部84は支持基板82をその厚さ方向に貫通するように形成されている。絶縁膜83は、二酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )83a、アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )83bまたはそれらの多層構造からなるものである。圧電薄膜86は、酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )や窒化アルミニウム( $\text{AlN}$ )などからなるものである。

## 【0079】

(実施の第三形態)

続いて、本発明に係る分波器について図21に基づき説明する。上記分波器では、送信用端子( $\text{Tx}$ )95に接続された送信用フィルタ93と、受信用端子( $\text{Rx}$ )96に接続された受信用フィルタ94とが設けられている。送信用フィルタ93は、上記の実施の各形態に示したラダー型フィルタであり、送信帯域を通過帯域として有するものである。受信用フィルタ94は、上記の実施の各形態に示したラダー型フィルタであり、前記送信帯域より通過帯域が高い受信帯域を通過帯域として有するものである。

## 【0080】

さらに、上記分波器においては、アンテナ端子91側に、各キャパシタンス素子およびインダクタンス素子を有する整合回路92が設けられている。なお、整合回路92の構成は特に限定されない。

## 【0081】

本発明のラダー型フィルタを、特に受信用フィルタ94に用いた、本発明の分波器は、通過帯域外の、通過帯域近傍における減衰特性も良好で、特に通過帯域低域側の減衰量が大きく、通過帯域が広いという優れた特性を有する。

## 【0082】

(実施の第四形態)

次に、上記実施の各形態に記載のラダー型フィルタ、もしくは上記分波器を搭載した通信装置について図22に基づき説明する。上記通信装置600は、受信を行うレシーバ側( $\text{Rx}$ 側)として、アンテナ601、アンテナ共用部/RFTOPフィルタ602、アンプ603、 $\text{Rx}$ 段間フィルタ604、ミキサ605、1stIFフィルタ606、ミキサ607、2ndIFフィルタ608、1st+2ndローカルシンセサイザ611、TCXO (temperature compensated crystal oscillator (温度補償型水晶発振器))612、デバイダ613、ローカルフィルタ614を備えて構成されている。

## 【0083】

$\text{Rx}$ 段間フィルタ604からミキサ605へは、図22に二本線で示したように、バランス性を確保するために各平衡信号にて送信することが好ましい。

## 【0084】

また、上記通信装置600は、送信を行うトランスミッタ側( $\text{Tx}$ 側)として、上記アンテナ601及び上記アンテナ共用部/RFTOPフィルタ602を共用するとともに、 $\text{Tx}$ IFフィルタ621、ミキサ622、 $\text{Tx}$ 段間フィルタ623、アンプ624、カップラ625、アイソレータ626、APC (automatic power control (自動出力制御))627を備えて構成されている。

## 【0085】

そして、上記の $\text{Rx}$ 段間フィルタ604、1stIFフィルタ606、 $\text{Tx}$ IFフィルタ621、 $\text{Tx}$ 段間フィルタ623には、上述した本実施の各形態に記載のラダー型フィルタが好適に利用でき、アンテナ共用部/RFTOPフィルタ602には、上述した本実施の形態に記載の分波器が好適に利用できる。

## 【0086】

本発明にかかるラダー型フィルタは、フィルタ機能を備えることができ、その上、通過帯域外の、通過帯域近傍における減衰特性も良好で、特に通過帯域低域側の減衰量が大きく、通過帯域が広いという優れた特性を有するものである。よって、上記ラダー型フィル

タ、およびそれを用いた分波器を搭載する本発明の通信装置は、伝送特性を向上できるものとなっている。

【産業上の利用可能性】

【0087】

本発明のラダー型フィルタ、それを用いた分波器、およびそれらを搭載する通信装置は、通過帯域外の、通過帯域近傍における減衰特性も良好で、特に通過帯域低域側の減衰量が大きく、通過帯域が広いという優れた特性を有するので、通信装置の伝送特性を向上できて、通信分野に好適に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】本発明の一実施形態にかかるラダー型フィルタとしての弾性表面波フィルタの回路図である。

【図2】上記弾性表面波フィルタを搭載したパッケージの平面図である。

【図3】(a)は上記弾性表面波フィルタにおける2つの直列共振子のインピーダンス合成前のグラフであり、(b)はインピーダンス合成後のグラフである。

【図4】上記弾性表面波フィルタにおける伝送特性を示すグラフである。

【図5】上記弾性表面波フィルタにおける反射特性(VSWR)とバンド幅とを示すグラフである。

【図6】上記弾性表面波フィルタにおける並列にインダクタ $L_p$ を付加した直列共振子の状態を示す等価回路である。

【図7】上記弾性表面波フィルタにおけるインピーダンスの周波数特性を示すグラフである。

【図8】直列共振子と並列共振子とのインピーダンスの関係を示すグラフである。

【図9】上記弾性表面波フィルタの並列共振子の反共振周波数における等価回路を示すグラフである。

【図10】比較例1、2にかかるラダー型の弾性表面波フィルタの回路図である。

【図11】比較例1のラダー型の弾性表面波フィルタにおける伝送特性を示すグラフである。

【図12】比較例1のラダー型の弾性表面波フィルタにおける反射特性およびバンド幅を示すグラフである。

【図13】比較例2のラダー型の弾性表面波フィルタにおける伝送特性を示すグラフである。

【図14】比較例2のラダー型の弾性表面波フィルタにおける反射特性およびバンド幅を示すグラフである。

【図15】実施例、比較例2、比較例3、通常のラダー型の弾性表面波フィルタにおけるインピーダンスの合成を比較するグラフである。

【図16】実施例の弾性表面波フィルタと比較例4のラダー型の弾性表面波フィルタとの伝送特性を示すグラフである。

【図17】本発明に係るラダー型フィルタの実施の第二形態に用いる圧電薄膜共振子の断面図であって、(a)は開口部を有するものを示し、(b)は凹部を有するものを示す。

【図18】上記圧電薄膜共振子を備えたラダー型フィルタの回路ブロック図である。

【図19】上記ラダー型フィルタの平面図である。

【図20】上記ラダー型フィルタの、図19のI-I矢視断面図である。

【図21】本発明の分波器のブロック図である。

【図22】上記ラダー型フィルタを用いた通信装置の要部ブロック図である。

【図23】通常のラダー型の弾性表面波フィルタにおける回路図である。

【図24】従来技術におけるラダー型の弾性表面波フィルタにおける回路図である。

【符号の説明】

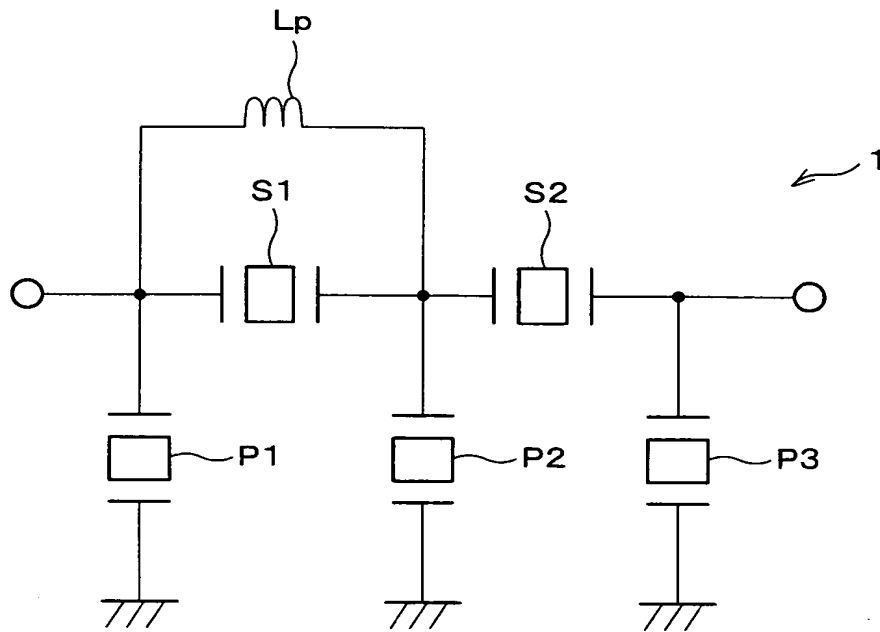
【0089】

- 1 弾性表面波フィルタ（ラダー型フィルタ）
- S 1 直列共振子（第 1 直列腕共振子）
- S 2 直列共振子（第 2 直列腕共振子）
- P 1、P 2、P 3 並列共振子（並列腕共振子）
- L p インダクタ

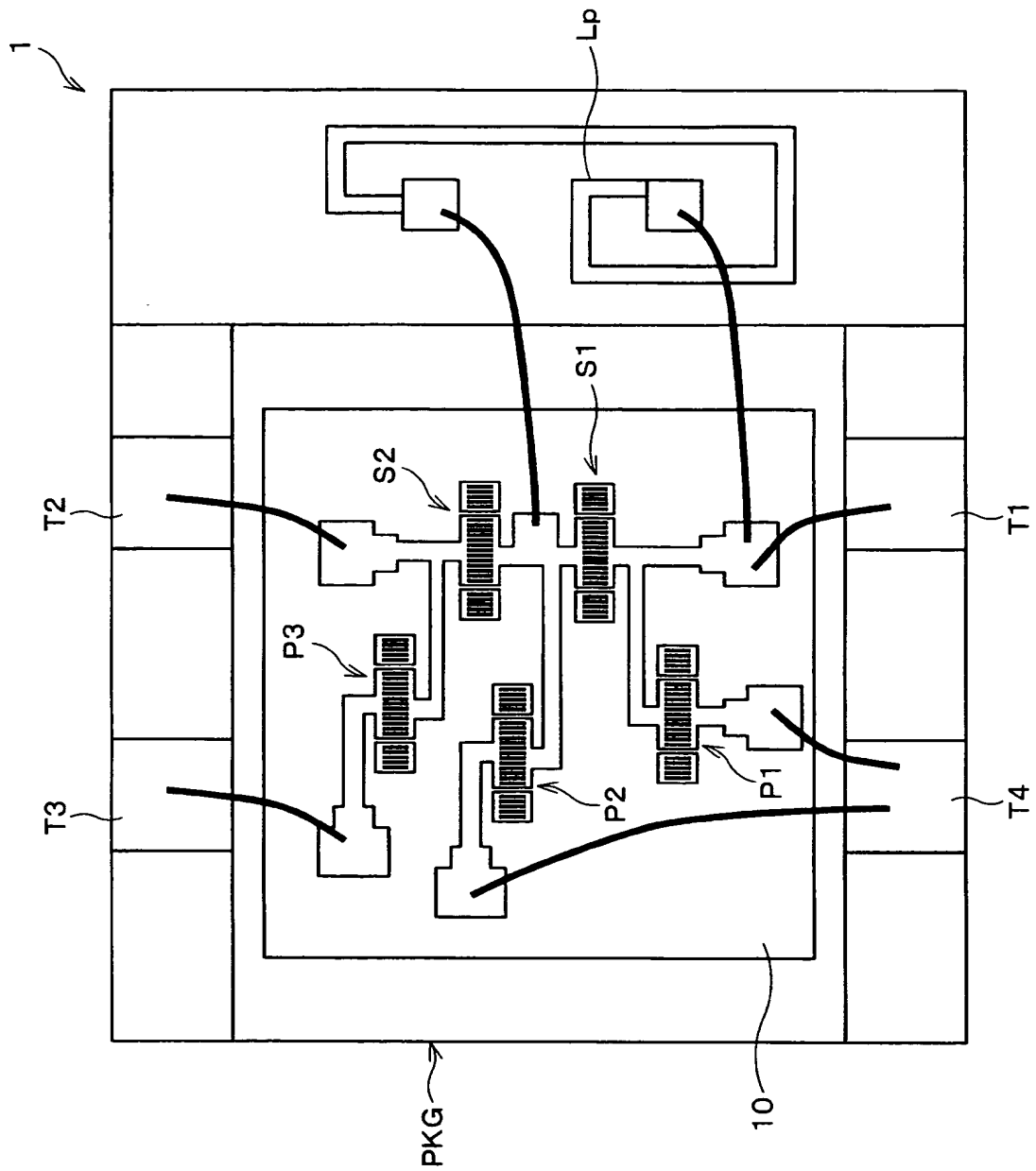


【書類名】図面

【図 1】

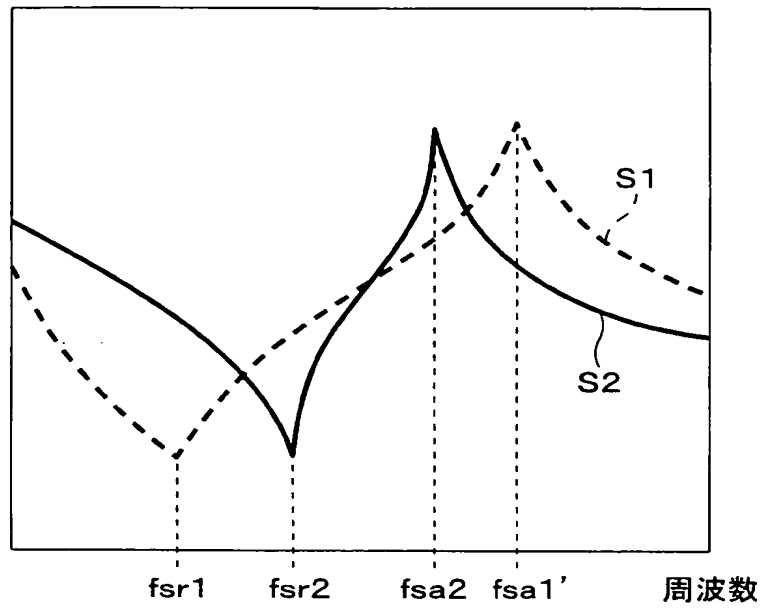


【図 2】

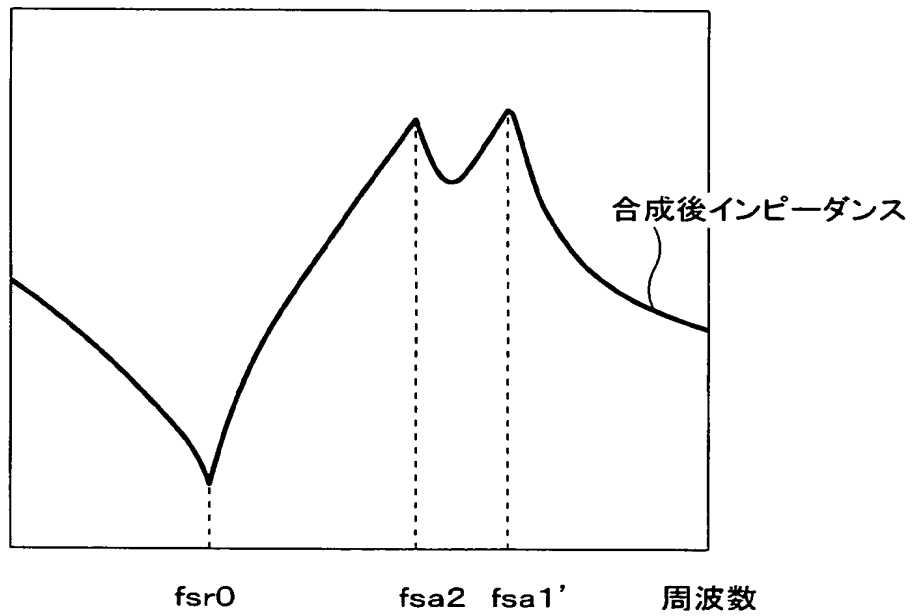


【図 3】

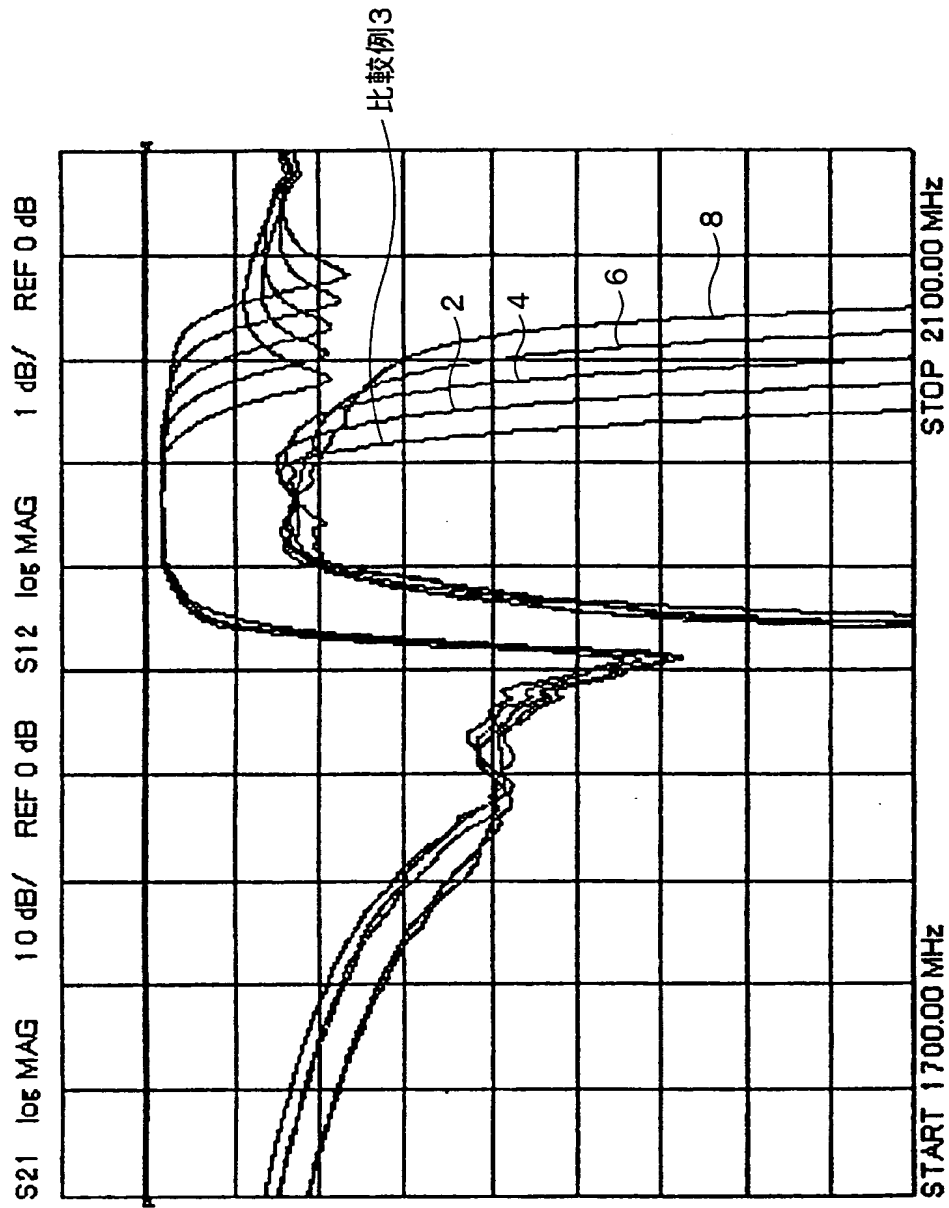
(a)



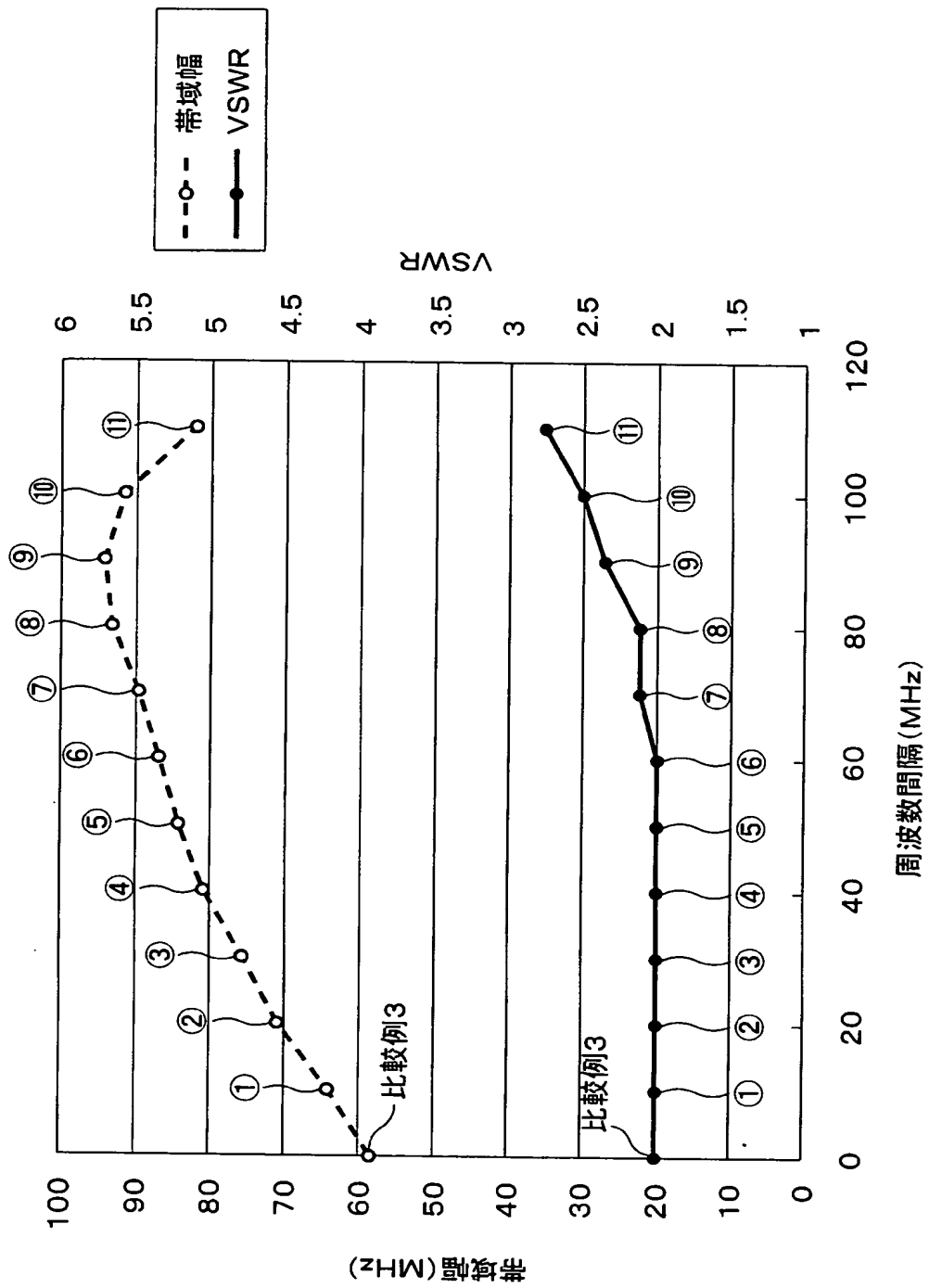
(b)



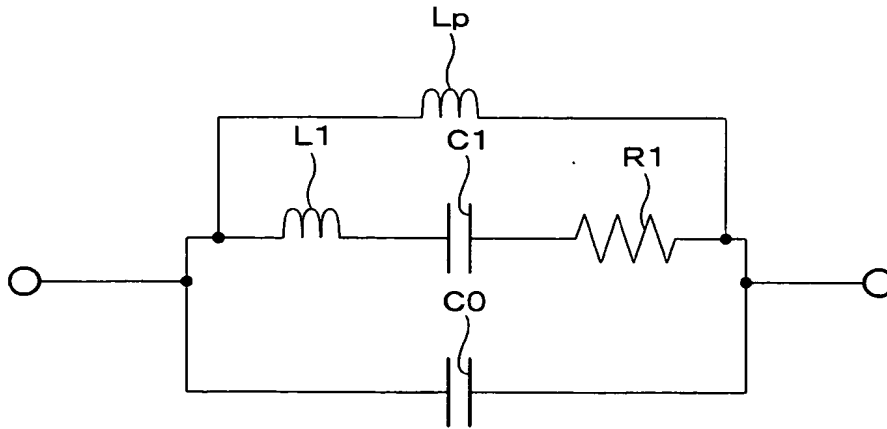
【図 4】



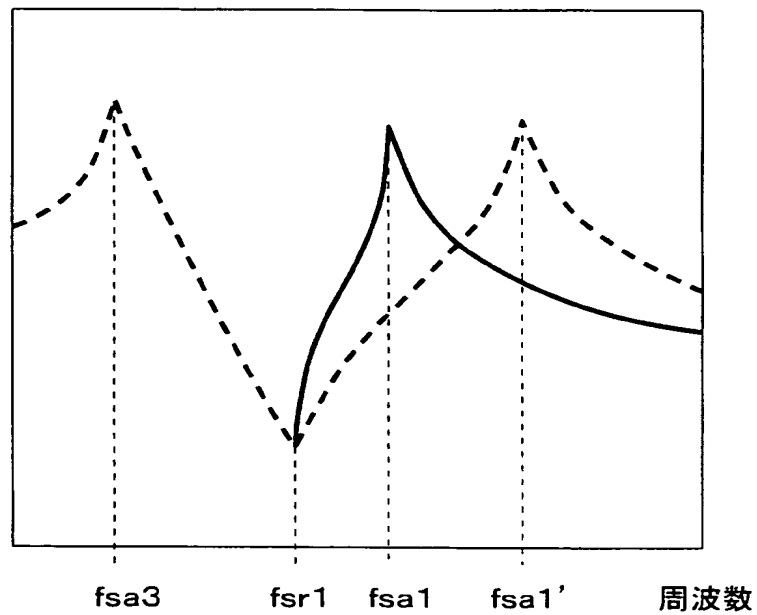
【図 5】



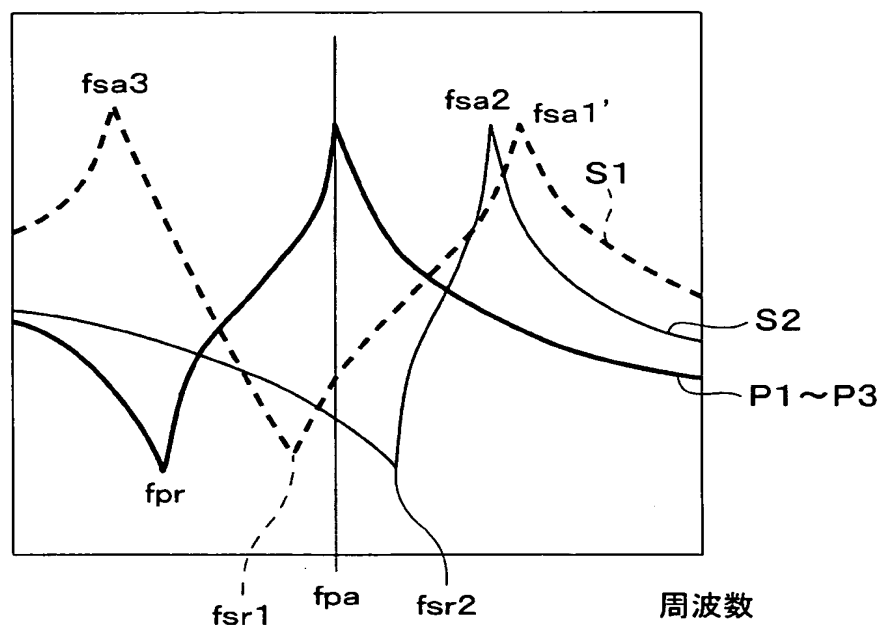
【図 6】



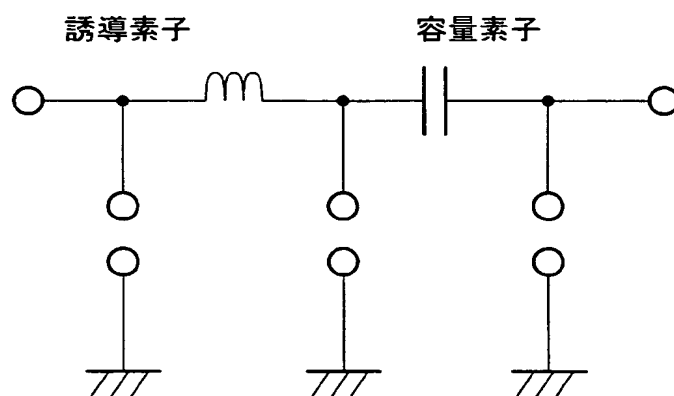
【図 7】



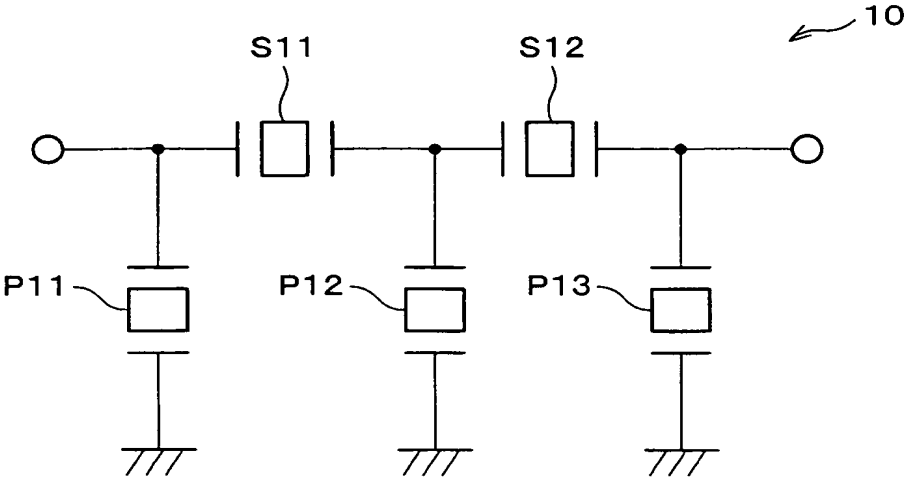
【図 8】



【図 9】

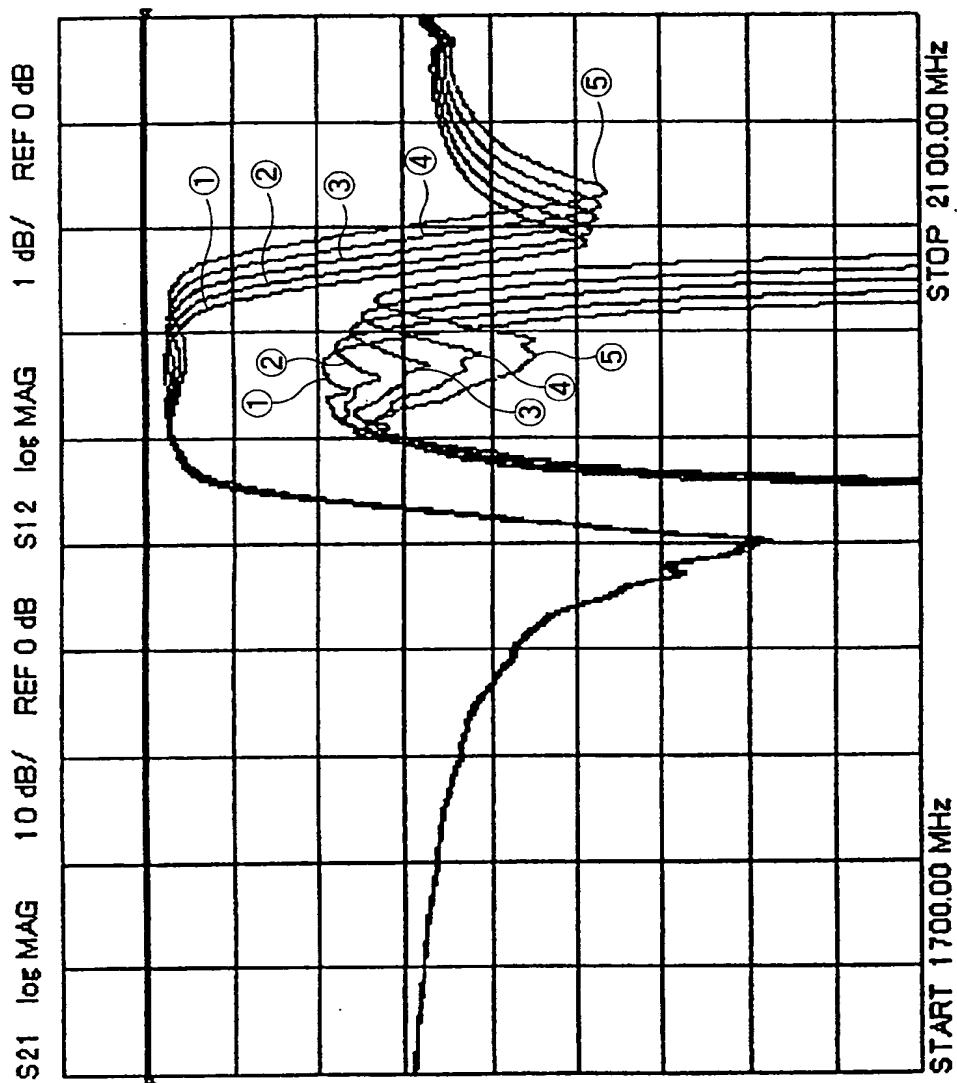


【図 1 0】

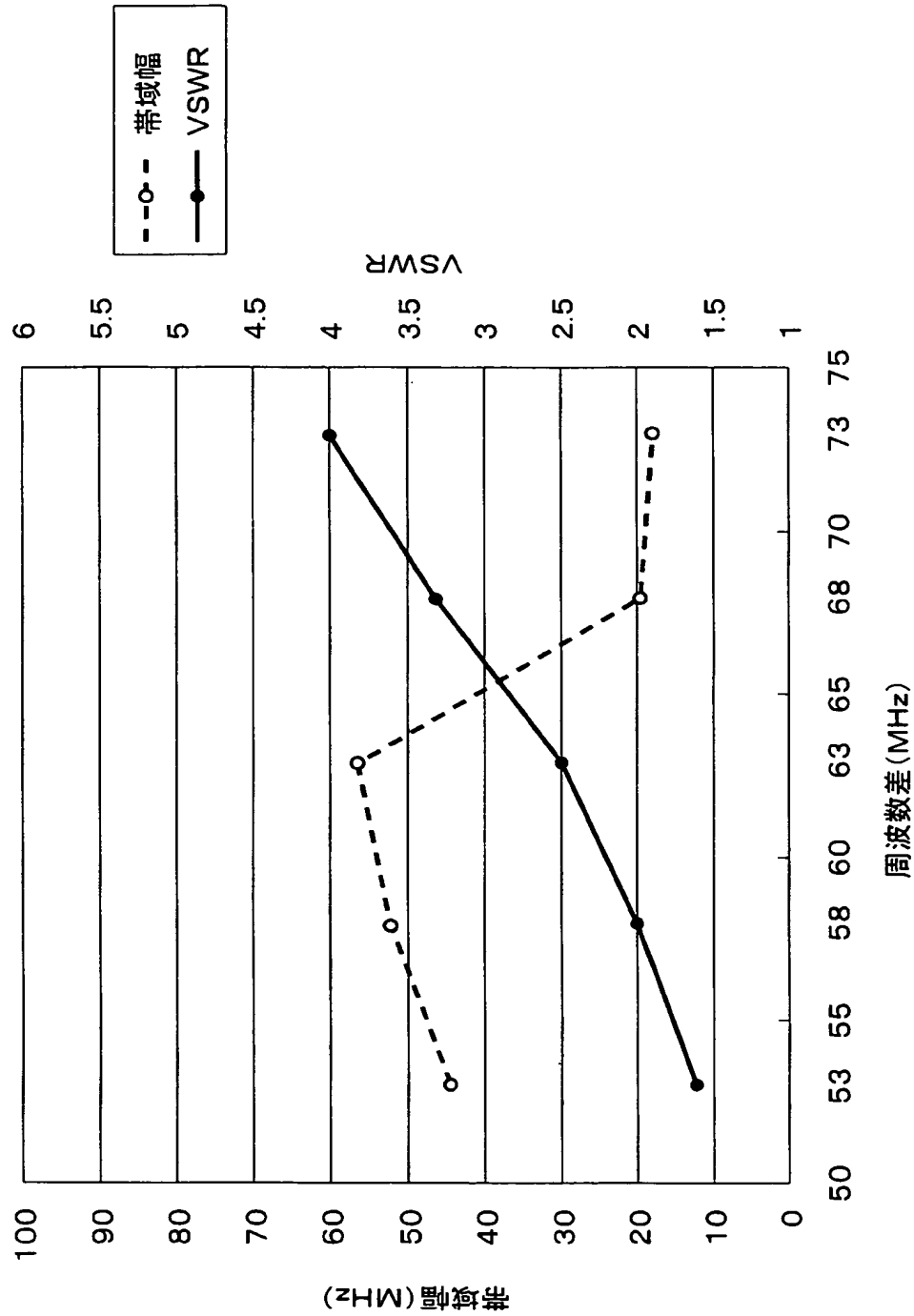




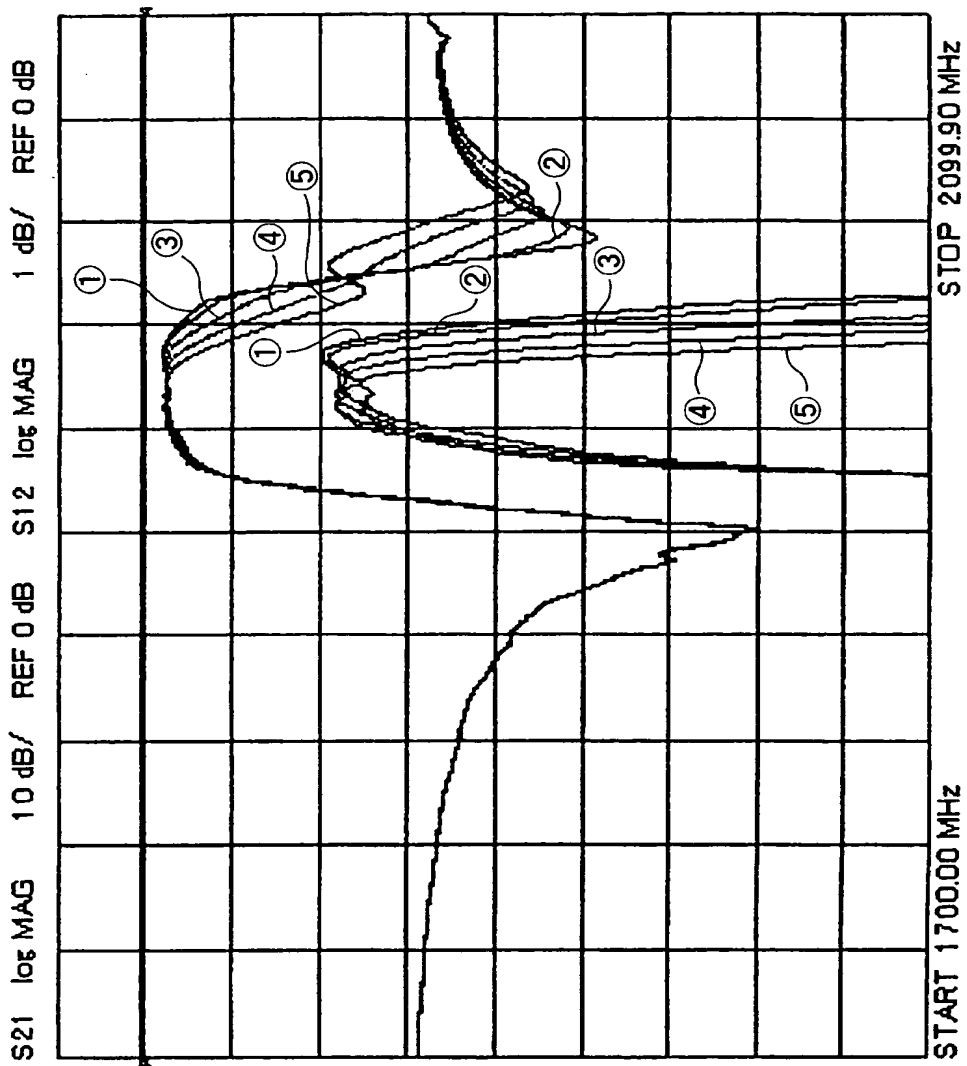
【図 11】



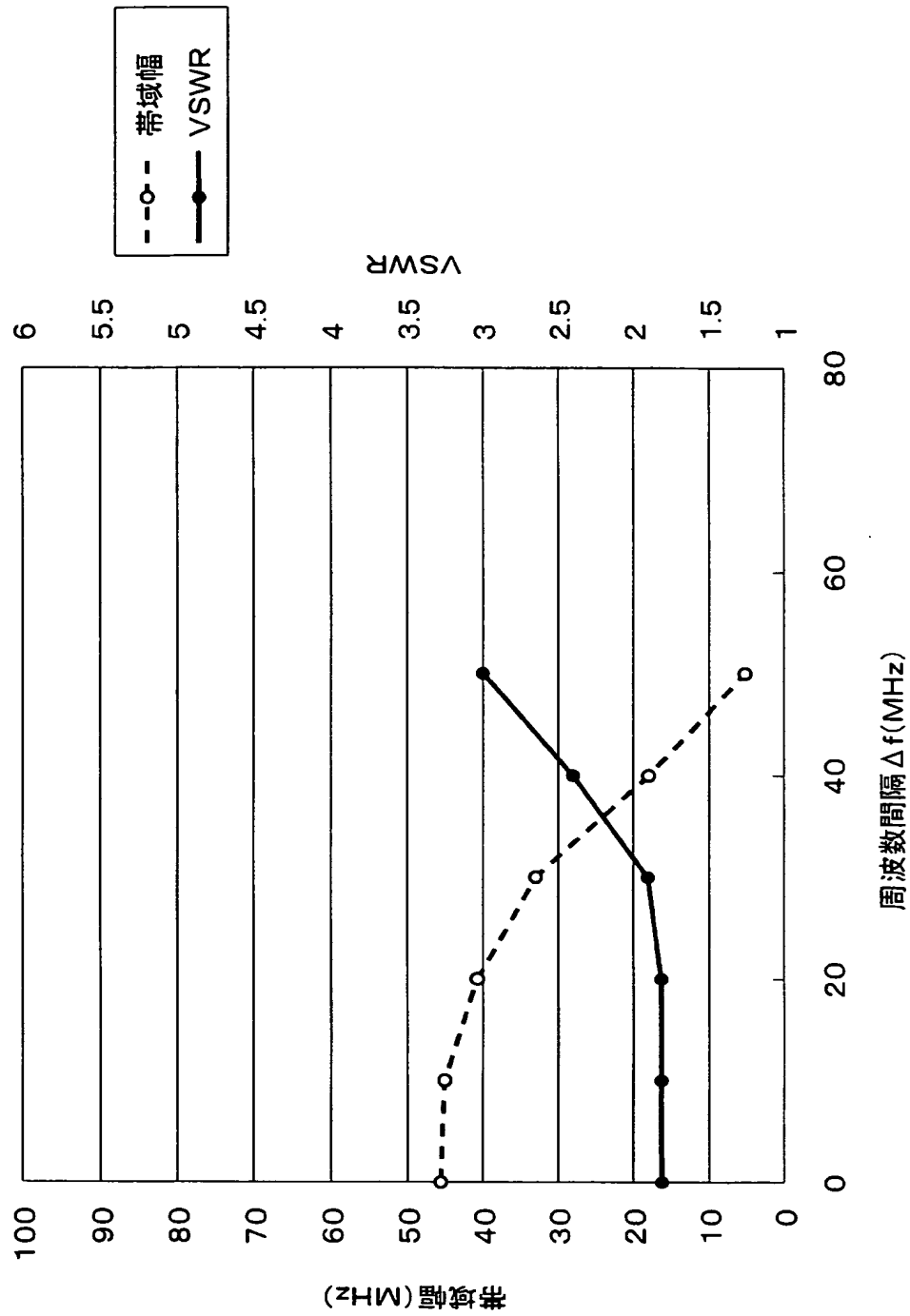
【図 1 2】



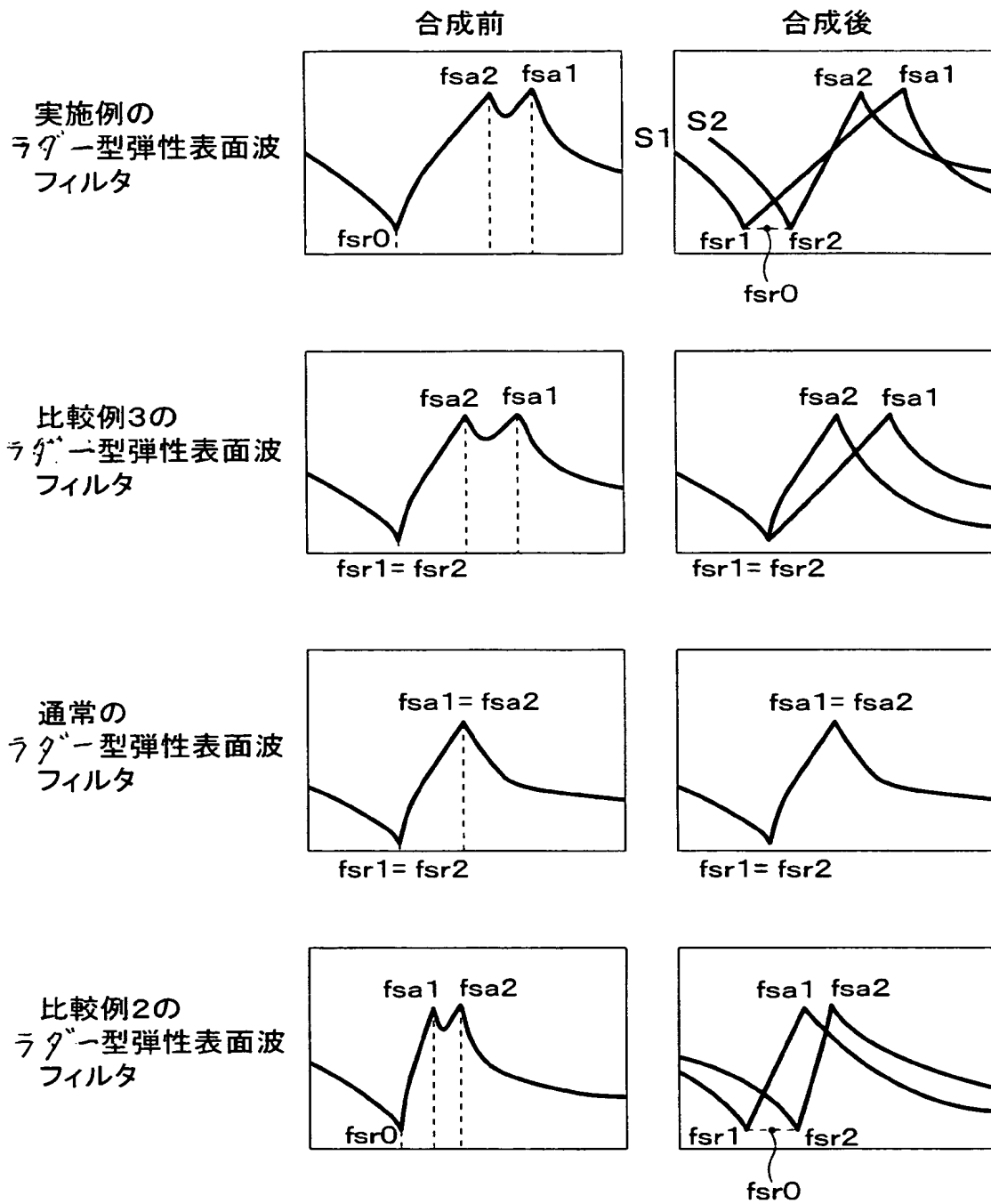
【図 13】



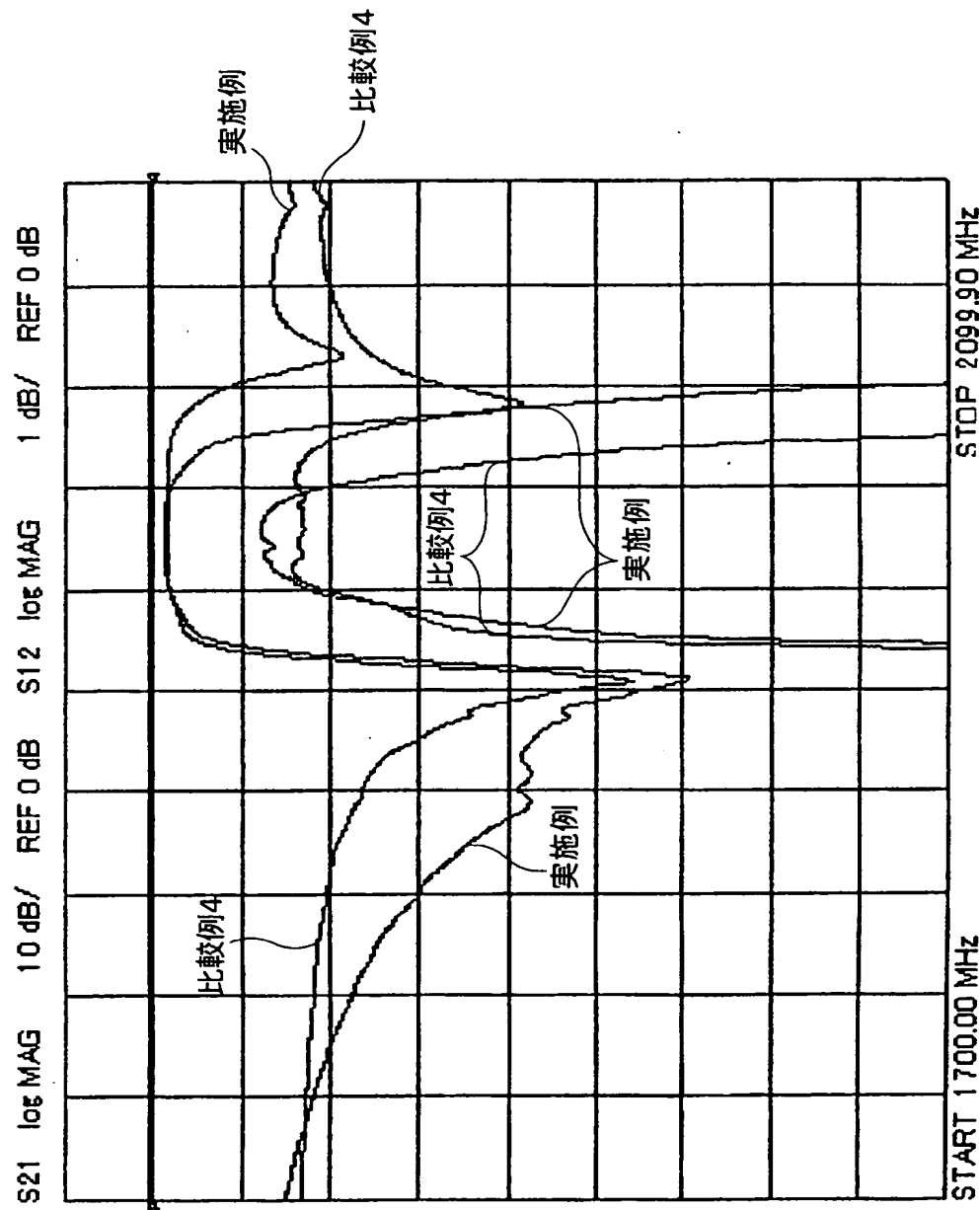
【図 14】



【図 15】

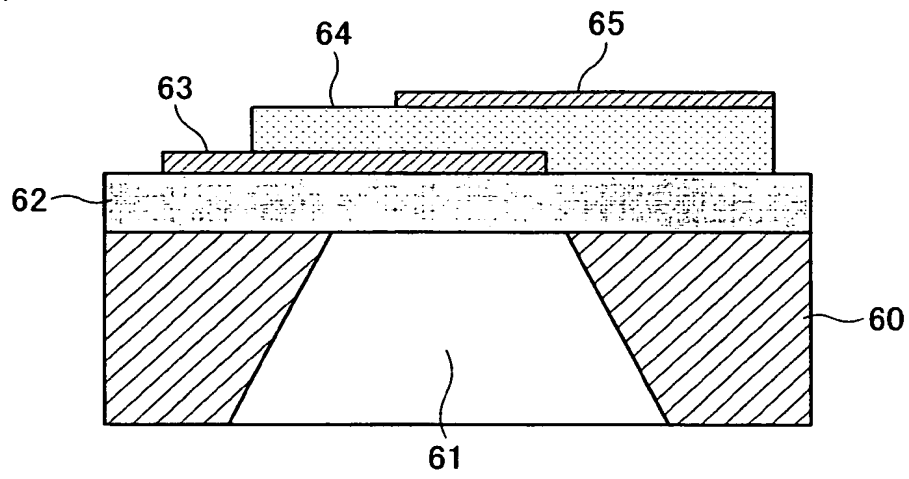


【図16】

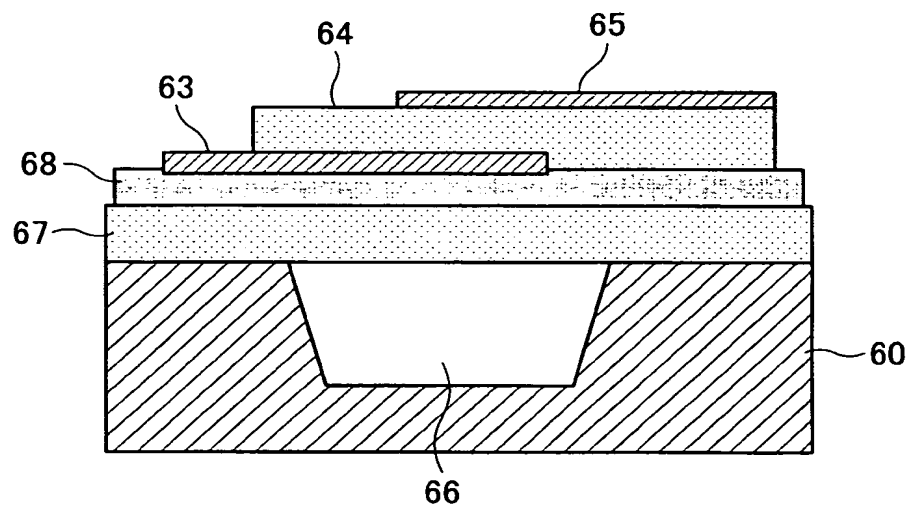


【図 17】

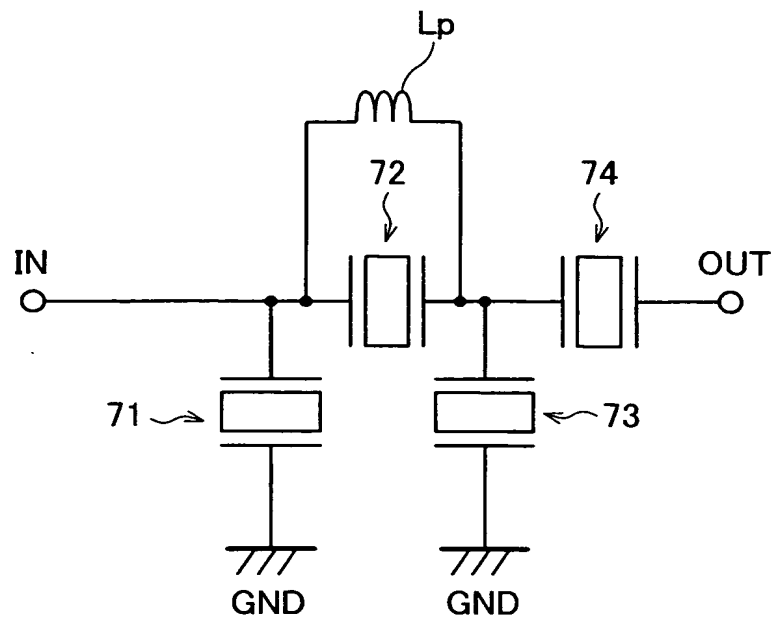
(a)



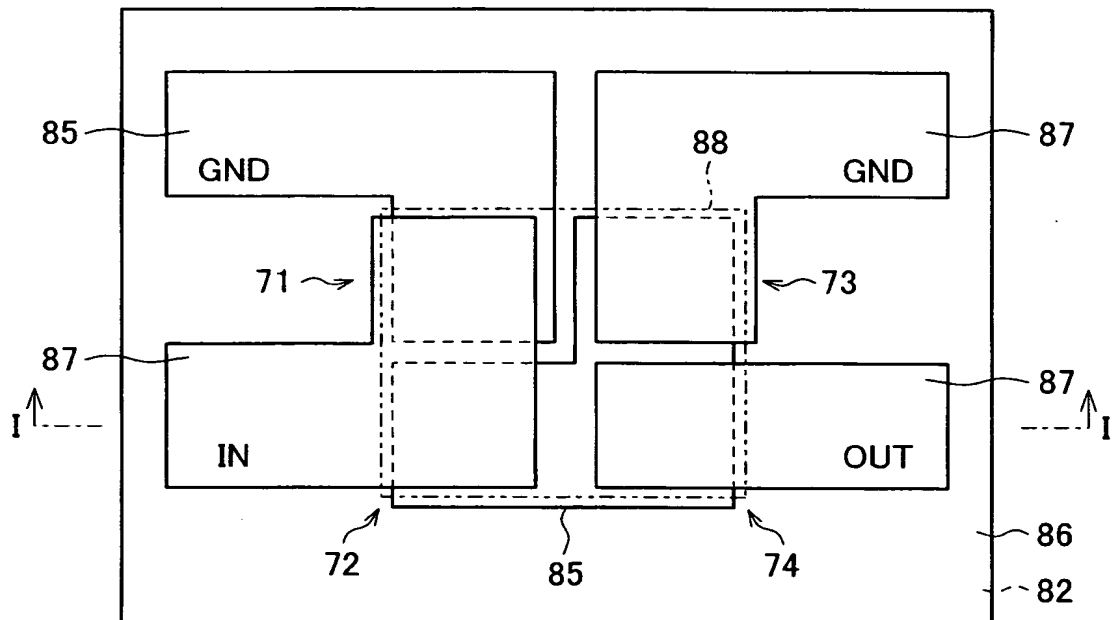
(b)



【図 18】

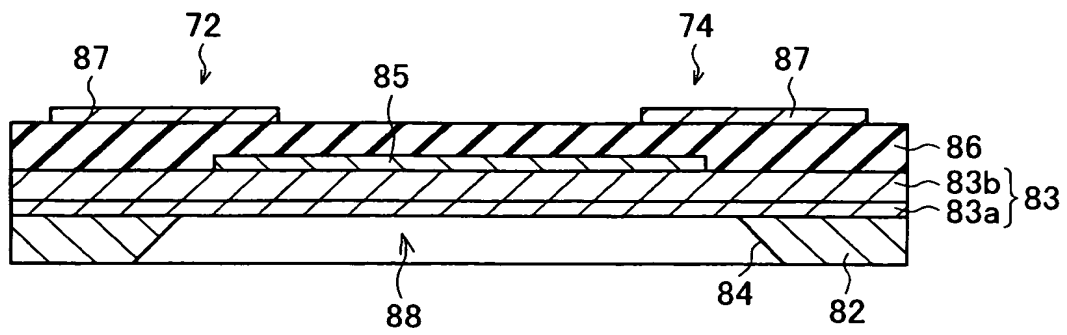


【図 19】

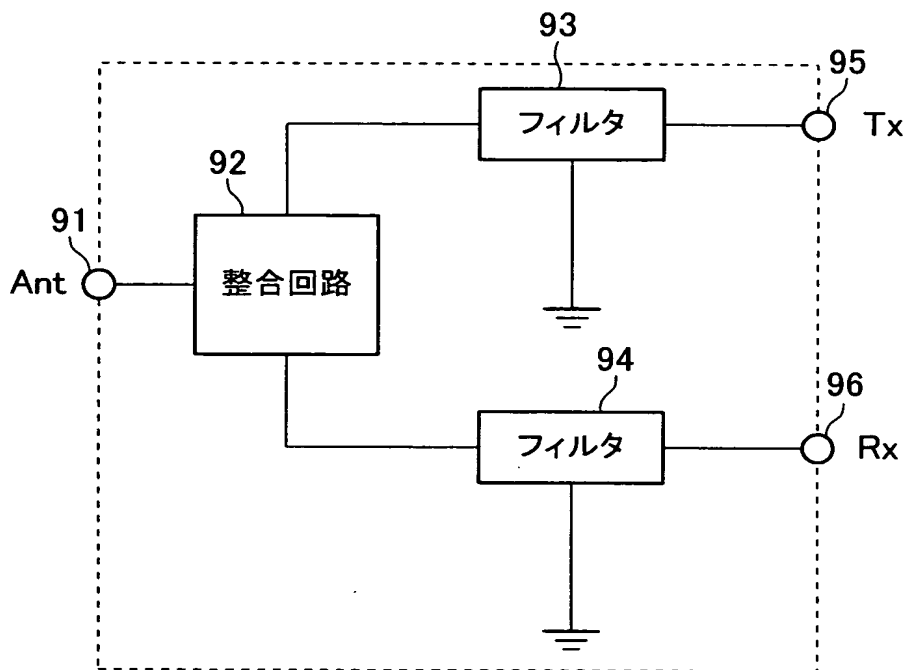




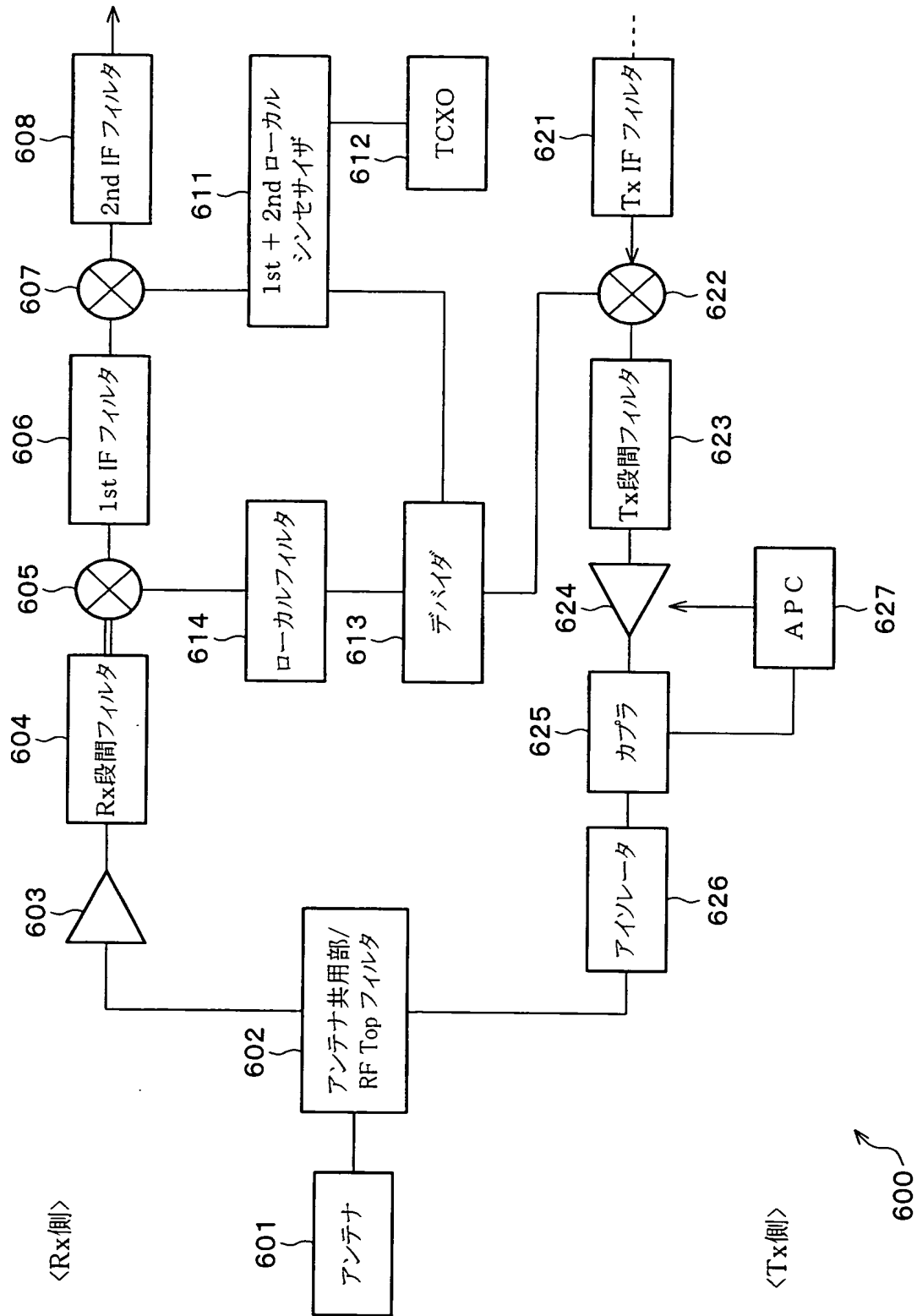
【図 20】



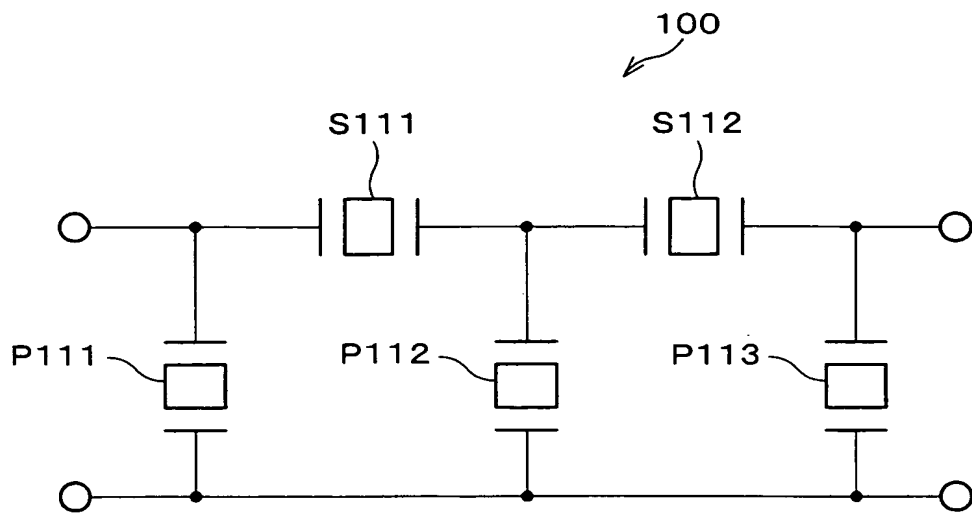
【図 21】



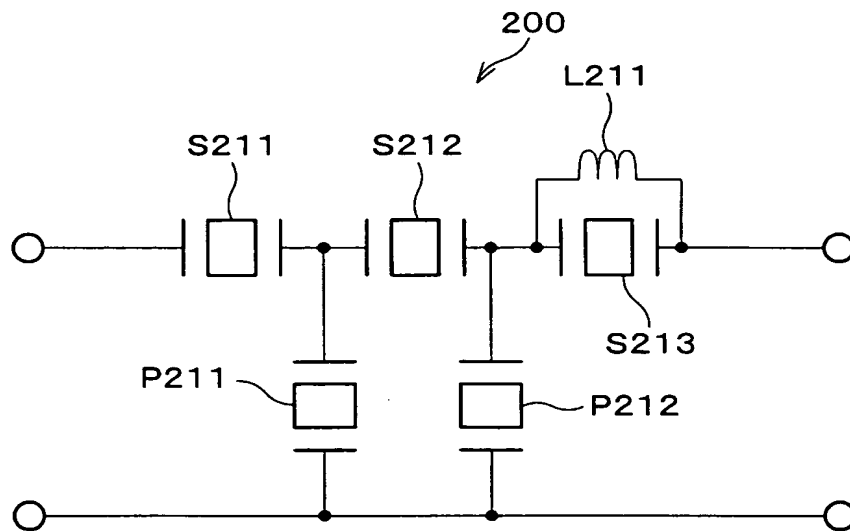
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】通過帯域等の伝送特性が改善されたラダー型フィルタ、それを用いた分波器およびそれらを搭載した通信装置を提供する。

【解決手段】直列共振子 $S_1$ 、 $S_2$ と、並列共振子 $P_1 \sim P_3$ とを交互に接続してなるラダー型フィルタ1である。上記直列共振子 $S_1$ には、インダクタ $L_p$ が並列に接続されており、直列共振子 $S_2$ には、インダクタが接続されていない。また、直列共振子 $S_1$ の共振周波数を $f_{sr1}$ 、直列共振子 $S_2$ の共振周波数を $f_{sr2}$ としたとき、 $f_{sr1} < f_{sr2}$ の関係を満たす。

【選択図】図1

特願 2 0 0 3 - 3 7 3 9 6 4

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 6 2 3 1 ]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[ 変 更 理 由 ]

新 規 登 録

住 所

京 都 府 長 岡 京 市 天 神 二 丁 目 2 6 番 1 0 号

氏 名

株 式 会 社 村 田 製 作 所